

基于 DSP 新型等离子切割电源的研究

孙 强, 黄西平, 员 博, 赵 晨
(西安理工大学, 陕西 西安 710048)

摘要:介绍了将非高频引弧技术应用于半桥逆变式空气等离子切割机用电源的方法,设计了以 TMS320F2812 型 DSP 为控制器的控制系统,分析了非高频引弧的工作原理,并给出了切割过程详细的工艺流程图。对电源系统进行了建模仿真,搭建样机并进行了验证。

关键词:逆变器; 等离子切割; 非高频引弧

中图分类号: TM464

文献标识码: A

文章编号: 1000-100X(2010)07-0060-03

The New DSP-based Plasma Cutting Power Supply

SUN Qiang, HUANG Xi-ping, YUAN Bo, ZHAO Chen

(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract:The paper describes non-high-frequency arc technology for half-bridge inverter air plasma cutting machine with the power supply, the design of the controller with TMS320F2812 DSP control systems. The analysis of non-high-frequency arc of the working principle is presented and a detailed flow chart of the cutting process is given. The power system simulation is carried out, the prototypes is built to verify the analysis.

Keywords: inverter; plasma cutting; non-high-frequency arc

Foundation Project: Supported by the Research Projects of Shaanxi Provincial Department of Education (No.08JK372); Shaanxi Province 2009 Industry Research and Development Scheme (No.2009K09-05)

1 引言

等离子切割电源是等离子切割过程中提供和控制能量的关键设备,其性能的好坏对等离子弧产生的可靠性、整体设备的协同控制性能、切割质量和生产效率等都起着至关重要的作用。

这里设计的基于 DSP 控制的新型等离子切割电源,是集逆变式电源技术、数字化控制技术和非高频引弧技术于一体的新一代等离子切割电源。全数字的控制方式使得整个系统更具灵活性,非高频引弧技术的引入,解决了高频引弧方式带来的强电磁干扰等问题。设计了输出电流可达 100 A,空载电压 300 V 的基于 DSP 空气等离子切割机用电源,其引弧成功率高,切割质量好^[1]。

2 新型等离子切割电源

图 1 示出所设计的采用非高频引弧技术的新型全数字控制等离子切割电源系统^[2]。该系统由主电路、引弧电路和控制电路组成。三相交流电经过电磁干扰(EMI)滤波后进入桥式整流电路,再经过 Boost 有源功率因数校正(PFC)电路,一方面可以实现电

源输入 PFC,减少电源对电网的谐波污染;另一方面能够为后续的逆变电路提供稳定的直流电压,便于电源的恒流输出控制。逆变电路采用半桥结构。经二次整流滤波后的平滑直流电压加在引弧电路的喷嘴和电极之间,提供切割所需能量。

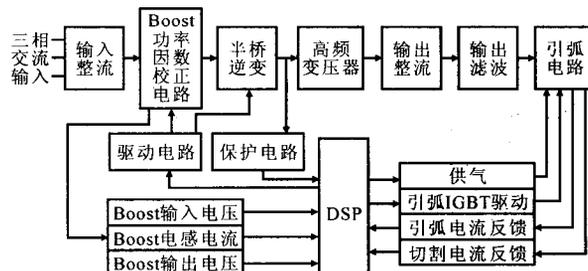


图 1 非高频等离子切割电源系统

新型等离子切割电源的引弧部分由喷嘴和电极构成,引弧前喷嘴与电极处于半接触状态,由通入的压缩空气引燃电极与喷嘴之间的非转移弧,非高频的引弧方式不但电路结构简单,而且损耗低,EMI 小,应用前景较好^[3]。

电源的数字化控制系统以 TMS320F2812 型 DSP 为核心控制器,通过软件编程对该系统进行全数字化控制,其实现功能包括:A/D 转换、数字 PI 反馈运算、PWM 脉冲输出、功率因数校正、软起动控制、转移弧控制、时序控制和故障信号处理等。

3 控制系统设计

由 DSP 组成的控制板电路硬件原理图如图 2 所示,主要包括:进入 A/D 的信号调理电路、外扩

基金项目:陕西省教育厅 2008 年度科学研究计划(08JK372);陕西省 2009 年度工业攻关研究发展计划(2009K09-05)

定稿日期:2009-12-28

作者简介:孙 强(1955-),男,安徽丹凤人,教授,研究方向为开关电源理论与应用。

ADS7864、PWM 脉冲驱动电路、光电隔离电路及保护逻辑电路等。

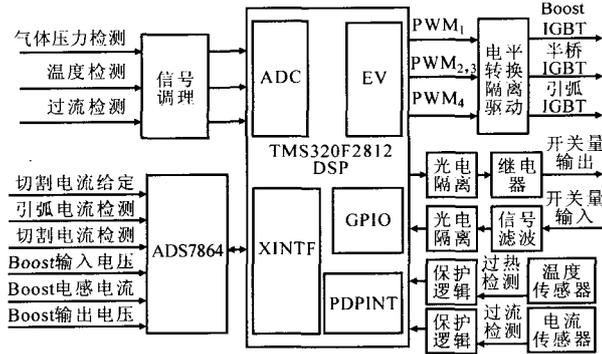


图2 控制器硬件原理框图

电流检测采用闭环霍尔电流传感器 LA 150-P，将检测的切割电流经限压滤波后送入 DSP 进行 A/D 转换，通过与电流给定信号比较后，经过数字 PI 运算得到逆变电路、Boost 电路和引弧电路的控制脉冲，实现电源系统的恒电流输出，以达到等离子切割电源所需的陡降外特性。

为提高控制精度，外扩了一片 6 通道 12 位高精度 A/D 芯片 ADS7864 进行闭环控制量的采集，所需采集的信号为：给定电流、引弧电流、切割电流及 Boost 电路的输入电压、输出电压和电感电流，此外还有使用 DSP 的内部 A/D 对于过电流、过热、气压等保护信号。

3.1 数字化 PFC

图 3 示出数字控制 Boost PFC 电路与 DSP 的接口原理图。Boost 电路输出电压与基准电压比较后，两者的偏差经过 PI 控制器，再与输入电压相乘，其输出作为电流内环的给定，电感电流与给定值比较后经过 PI 运算输出开关管的控制脉冲。引入前馈输入电压保证输入功率恒定，不受电网电压变化的影响。电压外环用来稳定输出电压，电流内环控制交流输入电流使之跟踪输入电压。

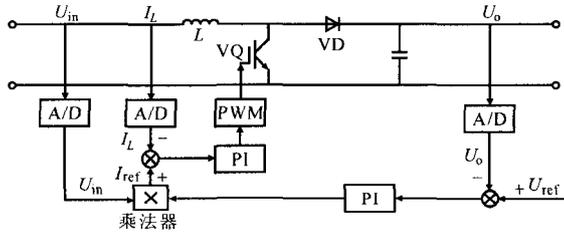


图3 数字控制 PFC 原理图

采用 DSP 数字化 PFC 控制方式，不但能够较好的实现 PFC，还能使用更优的控制算法，并提高了系统的可靠性^[4]。

3.2 电流闭环控制

由于等离子切割电源所需的外特性为陡降外特性，故采用对切割电流的恒流控制来达到所需的外特性。图 4 示出电流闭环控制原理图，采集引弧电流

和切割电流进行闭环反馈控制。开始引弧时，控制 DSP 输出恒定且占空比较小的 PWM 脉冲来维持较小的输出电流，从而减小对电极和喷嘴的烧损。当喷嘴接近工件产生转移弧后，通过与给定电流进行比较，迅速增大 PWM 脉冲的占空比，使转移弧获得足够能量而稳定燃烧，进入正常切割过程。

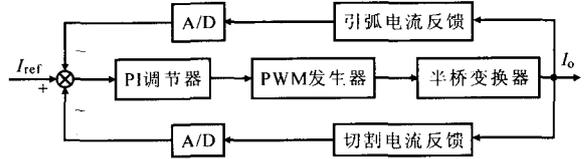


图4 系统恒流闭环控制原理图

4 软件设计

4.1 A/D 校正

控制芯片 TMS320F2812 虽然理论上具有 12 位的精度，但在实际使用中，其 A/D 转换的结果误差较大，最大的转换误差可达到 9%^[5]，若直接将此转换结果用于控制回路，必然会降低控制精度。故可以采用软件校正的方法对其进行校正，不但简便实用，而且可大幅提高转换精度。

图 5 示出 A/D 实际的与理想的转换曲线图，因为理想转换曲线没有误差，故其转换公式为： $y=mx$ ，其中， x 为输入值， y 为转换输出值， m 为理想增益， $m=1$ 。由于实际转换曲线存在偏移误差和增益误差，因此实际转换公式为： $y=xa+b$ ，其中， a 为增益误差， b 为偏移误差。

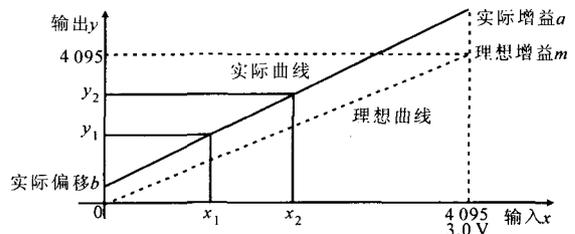


图5 A/D 转换曲线

校正时，选择任意两个 A/D 输入通道，例如 ADCINA1 和 ADCINA2，输入已知的精准电源，则输入电压 x_1 和 x_2 就均为已知的，通过读取 ADCINA1 和 ADCINA2 的转换结果来获得 y_1 和 y_2 ， $y_1=x_1a+b$ ， $y_2=x_2a+b$ ，这样就可以通过解方程组来获得 a 和 b 的值。只要知道数字量转换结果 y ，就可以得到实际的输入量 x 的值。经过验证，该方法可使转换误差降低到 1% 左右。

4.2 软件流程

该等离子切割系统的主要流程如图 6 所示，系统初始化后，进行软起动，待检测割炬安装完后，等待切割信号的到来，导通引弧 IGBT，输出恒定且占空比较小的 PWM 脉冲，以维持较小的非转移弧电流。当割炬足够接近工件时，引燃转移弧，输出电流增大，断开引弧 IGBT，正常切割开始。

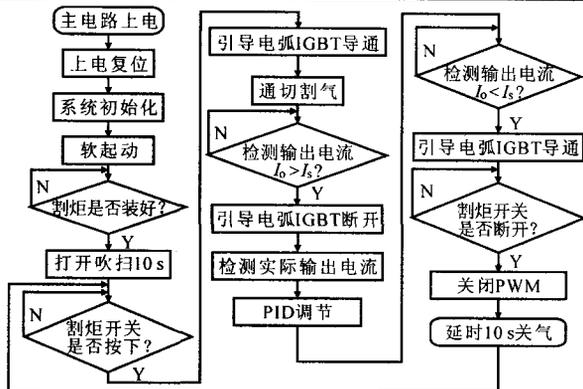


图 6 主要流程图

5 实验结果及结论

根据上述分析,为更好地验证预期结果,设计功率为 16 kW;空载电压 300 V;切割电流在 30~100 A 范围内连续可调;半桥开关管频率选择 20 kHz;变压器变比为 6:5 的切割电源。通过 PSPICE 进行了建模仿真,图 7a 示出变压器初级电压、电流。图 7b 示出经过三相整流后,PFC 电路开关管的电压波形和升压电感上的电流实测波形图。图 7c 示出在喷嘴和电极之间的引燃非转移弧电压电流波形,电压约为 200 V,电流约为 30 A。

设计了采用非高频引弧技术的空气等离子切割机用电源,主电路逆变部分采用半桥电路,控制系统采用 TMS320F2812 型 DSP,给出了详细的电路结构

组成和切割工艺流程,实验验证该设计方案可行性高,具有良好的实用价值。

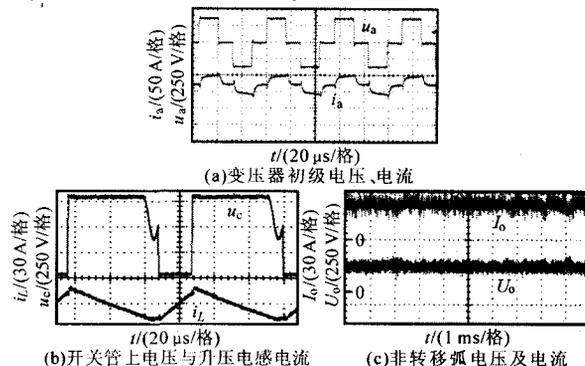


图 7 实验波形

参考文献

- [1] 王寿福,何良宗,朱国荣,等.一种空气等离子切割电源引弧电路的研究[J].通信电源技术,2008,25(5):1-3.
- [2] Narongrit Sanajit, Anuwat Jangwanitert. Improved Performance of a Plasma Cutting Machine Using a Half-bridge DC/DC Converter[A]. 2009 International Conference on Robotics and Biomimetics[C]. 2009:1601-1606.
- [3] 丁强,苗则层,鲍云杰.非高频引弧逆变空气等离子切割机的研究[J].电焊机,2009,39(2):55-58.
- [4] 倪海东,蒋玉萍.高频开关电源集成控制器[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 张树团,李静,李建海.基于 DSP/BIOS 的交流信号检测研究[J].电子设计工程,2009,17(5):8-15.

(上接第 34 页)用与门芯片 SN74HC08 将每一路 PWM 信号和复位信号进行与操作然后再输出。这样便可以确保在上电复位信号有效期间,所有 IGBT 的栅极驱动信号均为低电平。图 6b 示出经过有效处理后的上电过程中正确的栅极驱动信号,可见在上电复位期间对管的栅极驱动信号均一直为低电平,从而有效避免了对管直通短路的潜在危险。

4 实验验证

为验证控制器可行性,选用一台 150 kW、6 对极的 3 相 PMSM 作为负载对其进行了实验测试和考核。实验中,开关频率设定为 10 kHz,死区时间设定为 3.2 μ s。图 7 示出电机工作在 320 A/500 r·min⁻¹ 和 270 A/4 000 r·min⁻¹ 两种工况下的 a 相电流波形。

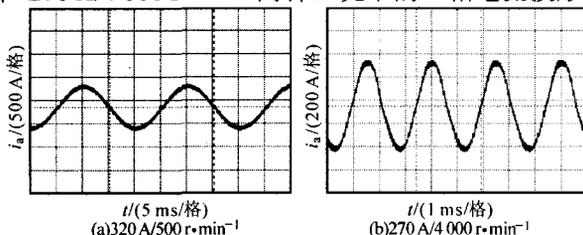


图 7 a 相电流波形

可见,电流的正弦性较好,电流谐波较小。因此,

实验结果从侧面验证了所设计的电机控制器可满足 PMSM 高性能控制要求。

5 结论

设计了一种基于 DSP 和 CPLD 的永磁同步电机控制器。通过深入分析并采用合理有效的措施,解决了设计中遇到的一些实际问题,并通过实验进行了验证。最后通过三相 PMSM 的负载测试和考核,验证了所设计的 PMSM 控制器是可行的,并且能够满足 PMSM 高性能控制要求。

参考文献

- [1] 唐任远.现代永磁电机理论与设计[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 徐艳平,钟彦儒,杨惠.永磁同步电机矢量控制和直接转矩控制的研究[J].电力电子技术,2008,42(1):60-62.
- [3] Y Dai, L Song, S Cui. Development of PMSM Drives for Hybrid Electric Car Applications[J]. IEEE Trans. on Magnetics, 2007, 43(1): 434-437.
- [4] 程飞,过学迅,别辉.电动车用永磁同步电机的双模糊控制研究[J].中国电机工程学报,2007,27(18):18-22.
- [5] TMS320F2810, TMS320F2811 and TMS320F2812 Digital Signal Processors[S]. Data Manual of Texas Instruments, 2007.